

2^{ème} Partie
Chapitre 2

Etude des dipôles
Energie électrique et puissance

I. Rappel

Considérons un dipôle AB d'un circuit parcouru par un courant d'intensité I :

- On appelle l'énergie électrocinétique du dipôle AB la quantité : $W = q(V_A - V_B)$
- . si $V_A > V_B$, l'énergie de AB augmente \rightarrow le dipôle joue le rôle de **récepteur**,
- . si $V_A < V_B$, l'énergie de AB diminue \rightarrow le dipôle joue le rôle de **générateur**,
- La puissance du dipôle AB est l'énergie par unité de temps :

$$P = \frac{q(V_A - V_B)}{t} = (V_A - V_B) \cdot I$$

II. Energie et puissance d'un générateur

II.1 Définition

Un générateur est un dipôle qui transforme une forme d'énergie (chimique, mécanique, lumineuse) en énergie électrique. Il est caractérisé par sa force électromotrice E et sa résistance interne r .

II.2 Loi d'Ohm d'un générateur

a) Générateur en circuit ouvert

En circuit ouvert les porteurs de charges sont immobiles. Dans ce cas la d.d.p aux bornes du générateur correspond à la circulation du champ électromoteur produit

par le générateur : $V_P - V_N = \int_N^P - \vec{E}_m \cdot d\vec{l} = e$, e est appelé force électromotrice

du générateur (f.e.m) , noté e ou E .

b) Générateur fermé sur un circuit

En régime permanent, à l'intérieur du générateur les charges ont une vitesse $\vec{V} = \text{cte}$ → apparition de forces de frottement → apparition d'une résistance qui caractérise ce frottement : c'est la résistance interne du générateur notée r .

→ provoque une chute de tension aux bornes du générateur par rapport à sa valeur à vide.

Loi d'Ohm pour un générateur :

$$V_p - V_N = e - r I$$

$r I$ chute ohmique de tension à l'intérieur du générateur.

II.3 Interprétation énergétique

- Energie cédée par le générateur au circuit extérieur :

$$W_c = q \cdot U = q (E - r I) = I \cdot t (E - r I) = E \cdot I \cdot t - r I^2 \cdot t$$

- Energie totale cédée par le générateur : $W_t = E \cdot I \cdot t$

- $r I^2 \cdot t$ chaleur perdue par effet joule dans le générateur.

- Puissance cédée par le générateur au circuit extérieur : $P = \frac{W_c}{t} = E \cdot I - r \cdot I^2$

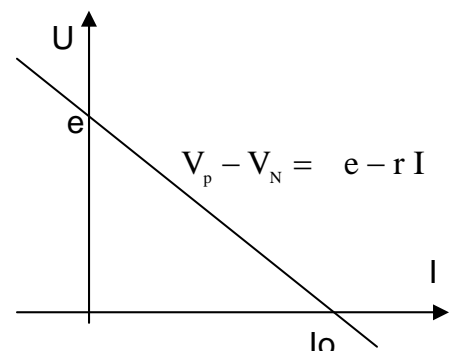
- Rendement du générateur : $\rho = \frac{W_c}{W_t} = \frac{E \cdot I \cdot t - r \cdot I^2 \cdot t}{E \cdot I \cdot t} = 1 - \frac{r \cdot I}{E}$

II.4 Caractéristique du générateur

La caractéristique d'un dipôle est la courbe représentative de : $U=f(I)$. Pour le générateur c'est une droite affine.

U_0 tension à vide obtenue pour $I=0$ → $U_0=e$

I_0 courant de court circuit obtenu pour $U=0$ → $I_0 = e/r$



II.5 Générateur de tension et générateur de courant

Dans le cas d'un générateur linéaire, l'équation de la caractéristique peut être mise sous l'une des deux formes :

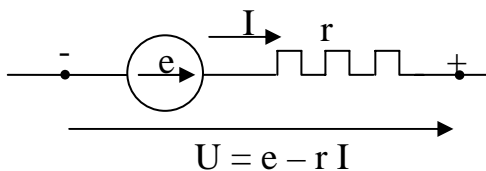
$$U = U_o - rI \quad \text{ou} \quad I = I_o - gU$$

On appelle générateur de tension idéal un générateur pouvant maintenir à ses bornes une ddp indépendante de l'intensité débitée i : cela impose $r=0$ et $U=e$.

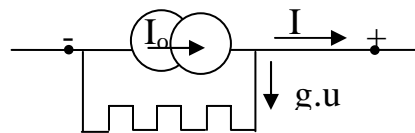
On appelle générateur de courant idéal un générateur pouvant débiter un courant d'intensité i indépendant de la ddp à ses bornes : cela impose $g=0$ et $I = I_o$.

Un générateur réel peut être schématisé de deux façons :

Générateur de tension



Générateur de courant



Exemples

Générateurs de tension :

Dynamo : Une dynamo est constituée par un stator et un rotor. Le rotor porte un bobinage de fil et tourne dans le champ magnétique créé par le stator. Les spires du rotor sont donc traversées par un flux magnétique variable d'où l'apparition d'une force électromotrice d'induction : il y'a eu une transformation de l'énergie mécanique, qui fait tourner le rotor, en énergie électrique.

Piles électrochimiques par exemple la pile Daniell : réaction d'oxydo réduction entre les couples Cu/Cu^{++} et Zn/Zn^{++} .

Générateurs de courant : cellule solaire ou photopile : c'est une jonction p-n de semi-conducteurs. Eclairée par la lumière solaire, chaque photon d'énergie $h\nu$ (supérieur au gap E_g du semi-conducteur) crée une paire électron trou. Le champ électrostatique de la jonction sépare les charges et l'on obtient une ddp aux bornes de la cellule.

III. Energie et puissance d'un récepteur

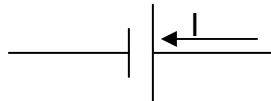
III.1 Définition

Un récepteur est un dipôle qui transforme l'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie (chimique, mécanique ...). Il est caractérisé par sa force contre-électromotrice E' et sa résistance interne r' .

III.2 Loi d'Ohm d'un récepteur

- Loi d'ohm pour un récepteur : Le courant doit entrer par sa borne positive.

$$U = E' + r' I$$



E' force contre électromotrice du récepteur

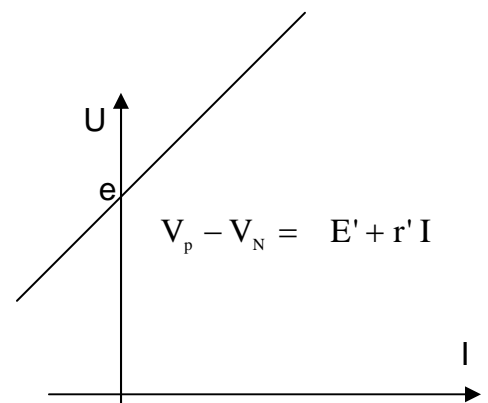
- Energie électrique reçue par le récepteur :

$$W_r = q \cdot U = q (E' + r' I) = I \cdot t (E' + r' I) = E' \cdot I \cdot t + r' I^2 \cdot t$$

- Energie utile du récepteur : C'est l'énergie stockée par le récepteur et qui peut être converti en énergie mécanique ou chimique : $W_u = E' \cdot I \cdot t$

- Puissance reçue par le récepteur : $P = \frac{W_r}{t} = E' \cdot I + r' I^2$

- Rendement du récepteur : $\rho = \frac{W_u}{W_r} = \frac{E' \cdot I \cdot t}{E' \cdot I \cdot t + r' I^2 \cdot t} = \frac{E'}{E' + r' I}$



Exemples de récepteurs :

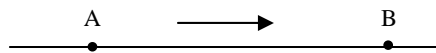
Moteurs : même principe que la dynamo mais utilisée en sens inverse : les spires du rotor, branchées sur un générateur extérieur, sont parcouru par I et se trouvent dans le champ magnétique crée par le stator, elles seront soumises à des forces (de Laplace) qui font tourner le rotor.

Electrolyseurs : Le passage de courant électrique dans des électrolytes crée une réaction chimique. Le champ crée à l'intérieur de l'électrolyte permet la décomposition des composés ioniques.

IV. Loi d'Ohm généralisée

Elle s'applique à une portion AB d'un circuit électrique sans dérivation, et contenant des générateurs, des récepteurs et des résistances.

Si I circule de A vers B :



- Si AB contient une résistance R : $V_A > V_B$ et $V_A - V_B = RI$
- Si AB contient un générateur : I entre par le pôle - \rightarrow A est le pôle - et B le pôle + $\rightarrow V_B > V_A \rightarrow V_B - V_A = E - rI \rightarrow V_A - V_B = rI - E$
- Si AB contient un récepteur : I entre par le pôle + du récepteur :

$$V_A > V_B \rightarrow V_A - V_B = E' + r'I$$

Loi d'Ohm généralisée:

$$V_A - V_B = I \sum R - \sum E$$

avec les conventions suivantes :

- Le courant entre en A et sort en B,
- $\sum R$ somme de toutes les résistances du circuit, y compris les résistances internes des générateurs et des récepteurs,

- Dans $\sum E$, les f e m des générateurs sont comptées positivement et les fcm des récepteurs négativement.

V. Loi de Pouillet

But de la loi de Pouillet : calculer l'intensité de courant dans un circuit fermé.

La loi de Pouillet c'est la loi d'Ohm appliquée à un circuit fermé sans dérivation : A devient confondu avec B $\rightarrow \sum E = I \sum R$ avec les conventions suivantes :

- Dans $\sum E$ une f c e m est toujours négative,
- Une f e m est affectée du signe de la borne par laquelle on sort du générateur quand on circule dans le sens du courant.

Pour un circuit fermé parcouru par un courant d'intensité I et contenant des

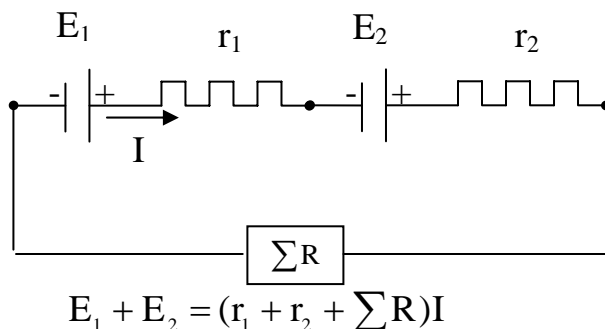
générateurs, des récepteurs et des résistances, On a :
$$I = \frac{\sum_{i=1}^n E_i + \sum_{i=1}^m E'_i}{\sum_{i=1}^k R_i}$$

Attention, dans cette expression les f.e.m E_i sont comptés positivement si I sort par le pôle + du générateur, les f.c.e.m E'_i sont comptés négativement.

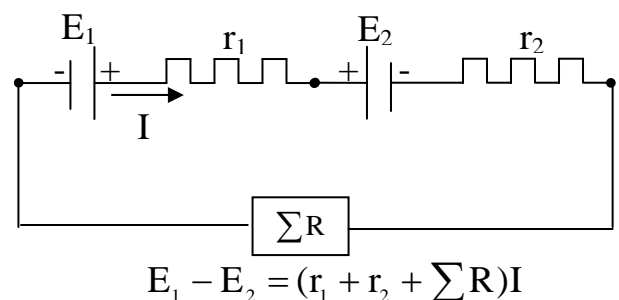
VI. Applications

VI.1 Générateurs en série ou en opposition :

En série



En opposition

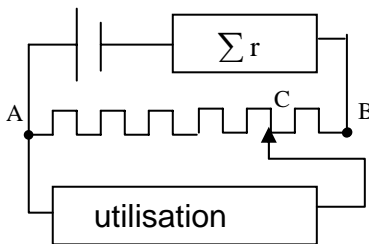


VI.2 Utilisations du rhéostat

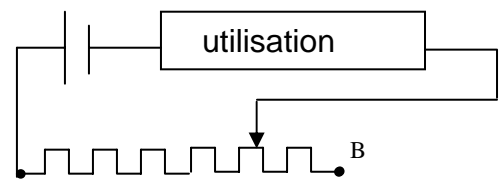
Le rhéostat est une résistance variable qui permet de faire varier soit le courant soit la tension selon son branchement dans le circuit.

Montage potentiométrique

ou réducteur de tension



réducteur d'intensité



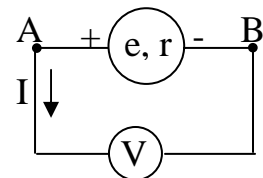
Pour un montage potentiométrique, on a :

$$U_{AB} = R_{AB} I \text{ et } U_{AC} = R_{AC} I \quad \rightarrow \quad U_{AC} = \frac{R_{AC}}{R_{AB}} U_{AB} < U_{AB}$$

VI.3 Mesure de la fem d'un générateur à l'aide d'un voltmètre

Le voltmètre a une résistance R_v . Il indique la tension :

$$\begin{aligned} V_A - V_B = U_{AB} = R_v I \\ e = (r + R_v) I \end{aligned} \quad \rightarrow \quad e = U_{AB} \frac{R_v + r}{R_v} = U_{AB} \left(1 + \frac{r}{R_v} \right)$$



Pour que la lecture du voltmètre indique la f e m e du générateur il faut que $R_v \gg r$.

VII. L'effet Joule

Un conducteur ohmique est un récepteur dans lequel l'énergie électrique qu'il reçoit est transformée totalement en chaleur. Ce phénomène s'appelle effet Joule.

Energie calorifique cédée par effet Joule : $W = U.I.t = R.I^2.t$